H3C ENERGIES Le sens de la performance énergétique

envirobatbdm

MATERIAUX BIOSOURCES ET ANALYSE DE CYCLE DE VIE DU POINT DE VUE CARBONE



Table des matières

1. Introduction 2
2. Contexte et problématiques 2
3. Définitions 3
   3.1. Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire - FDES 3
   3.2. Matériaux biosourcés 4
   3.3. Le module D 4
   3.4. Carbone biogénique et le nouvel indicateur MStock 5
      3.4.1. Qu'est-ce que le carbone biogénique ? 5
      3.4.2. Comment le carbone biogénique peut-il être pris en compte sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ? 8
   3.5. Comment les FDES prennent-elles en compte le stockage carbone ? 10
   3.6. ACV dynamique et ACV statique 11
   3.7. Pour aller plus loin sur les ACV dynamiques et statiques (Webinar GDR MBS, 16 juin 2020) 12
4. Analyse et critiques des FDES 15
   4.1. Comparaison d'ACV entre 2 systèmes constructifs 17
5. Glossaire 19
6. Bibliographie 19
7. ANNEXE : LISTE NON EXHAUSTIVE DE MATERIAUX BIOSOURCES ET DESCRIPTION 20



VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

1. Introduction

Lorsqu'ils sont locaux et peu transformés, les matériaux biosourcés et géosourcés présentent généralement une faible empreinte environnementale. Certains matériaux sont également issus du réemploi ou de la revalorisation de déchets, de sous-produits et de co-produits, tels que la ouate de cellulose ou les textiles recyclés. Ils s'inscrivent alors dans une logique d'économie circulaire.
Par ailleurs, parce qu'ils mobilisent des matières premières renouvelables, les matériaux biosourcés permettent de préserver des ressources minérales et fossiles menacées d'épuisement. Principalement issue de co-produits agricoles ou de la sylviculture, la biomasse valorisée dans le cadre de la construction provient de ressources importantes et présente peu de conflits d'usage avec d'autres filières.
Enfin, de nombreux matériaux biosourcés et géosourcés s'inscrivent dans le cadre de filières sèches, limitant ainsi les nuisances de chantier telles que le bruit. La mise en œuvre fréquente de matériaux en vrac, de paille, etc., réduit également les déchets de chantier. L'utilisation de systèmes constructifs préfabriqués (en particulier en bois) permet aussi de diminuer les délais de construction et d'assurer une vraie flexibilité dans le réaménagement et la déconstruction des bâtiments.

2. Contexte et problématiques

La RE2020 (réglementation environnementale 2020) rend obligatoire le calcul de l'impact sur le réchauffement climatique des constructions (« calcul carbone »). Ce niveau d'empreinte carbone doit être évalué sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

L'évaluation de la performance environnementale d'un bâtiment pour l'expérimentation E+C-, qui préfigure la RE2020, s'appuie sur la méthodologie de l'ACV. Celle-ci se définit par un bilan environnemental qui comptabilise l'ensemble des flux (ressources, émissions dans l'air, dans l'eau, production de déchet, consommation d'énergie, etc.) entrant et sortant sur le cycle de vie du bâtiment étudié. La performance environnementale de ce bâtiment est calculée comme étant la somme des impacts environnementaux de ses constituants, produits de construction et équipements ainsi que des impacts liés au chantier de construction du bâtiment, aux consommations énergétiques et aux consommations et rejets d'eau générés pendant sa vie en œuvre.

Actuellement, cette évaluation ne prend pas en compte la dimension temporelle, c'est-à-dire qu'un flux entrant à la construction peut être compensé par le même flux sortant à la déconstruction puisque toutes les consommations et émissions sont rapportées au même instant temporel. Cependant, une même consommation ou une même émission peut avoir un impact différent selon la date à laquelle elle a lieu.

De ce fait, la prise en compte des flux de carbone, biogénique et non biogénique[1], sont déjà calculés à travers l'indicateur EgesPCE[2] du référentiel E+C- qui se base sur l'indicateur « changement climatique » de la norme NF EN 15978. Cependant, le référentiel de l'expérimentation E+C- ne prend pas en compte le bénéfice ou l'impact environnemental résultant du stockage temporaire du carbone. Le bénéfice du décalage dans le temps de ces émissions n'est donc pas pris en compte alors qu'il est considéré comme étant toujours bénéfique.
Lors de l'expérimentation E+C-, il n'a pas été constaté de net avantage sur les constructions biosourcés. Cela a suscité des interrogations de la part des professionnels utilisant ces matériaux.

Cette problématique a fait l'objet des recherches du Groupe d'expertise GE3 « Stockage temporaire du carbone ». Il était notamment attendu l'identification des différentes options possibles pour prendre en compte l'effet du stockage temporaire du carbone sur le changement climatique à partir des déclarations environnementales disponibles sur les produits et équipements.

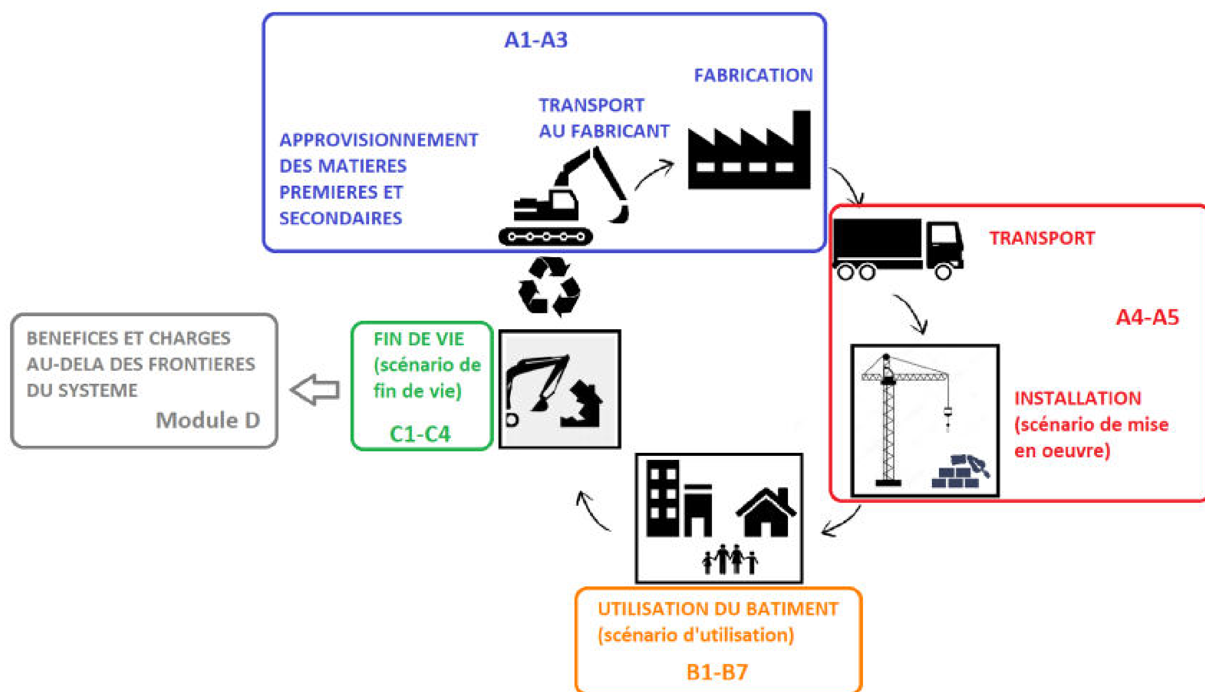
[1] Notion développée au chapitre 3.4 : Le carbone biogénique provient de la fixation du carbone ambiant dans le végétal.
[2] Eges PCE = indicateur du calcul ACV qui quantifie l'émission de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements de construction

3. Définitions

3.1. Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire - FDES

Une FDES est un document normalisé qui présente les résultats de l'Analyse de Cycle de Vie d'un produit ainsi que des informations sanitaires dans la perspective du calcul de la performance environnementale et sanitaire du bâtiment pour son éco-conception.
La réalisation de ces FDES est encadrée par la norme NF EN 15804+A1 et son complément national NF EN 15804/CN.
Elles prennent en compte l'impact environnemental sur l'ensemble du cycle de vie du produit, de l'extraction des matières premières à sa fin de vie, sans oublier les transports, la mise en œuvre et l'usage même du produit.

Depuis le 1er Juillet 2017, toute FDES doit être vérifiée par une tierce partie indépendante (cf.: norme ISO 14025) reconnue par un programme de vérification conventionné par l'Etat. Le Programme INIES bénéficie de cette convention.



Etapes de cycle de vie et modules d'informations

Il existe plusieurs types de données environnementales :
> Les **FDES collectives** portent sur un même produit type fabriqué par plusieurs industriels.
> Les **FDES individuelles** portent sur un produit fabriqué par un industriel.
> Des **FDES « sur mesure »** issues de configurateur permettant de calculer une FDES adaptée au produit mis en œuvre sur l'ouvrage évalué.
> Les **MDEGD** (=Modules de Données Environnementales Génériques par Défaut) sont des données génériques par défaut mise à disposition par le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer et le Ministère du Logement et de l'Habitat durable, pour pallier le manque de données environnementales spécifiques dans le cadre de l'expérimentation E+C-. L'impact environnemental de l'ensemble des MDEGD est majoré par des coefficients de sécurité (30% minimum) afin de tenir compte des incertitudes associées à leur création mais également encourager la création de données environnementales spécifiques. Dans le cadre d'une ACV

bâtiment, leur utilisation pénalise très souvent les résultats du contributeur « Produits de Construction et Equipements ».

3.2. Matériaux biosourcés

Dans l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé », la matière biosourcée est définie comme étant la « *matière issue de la biomasse végétale ou animale pouvant être utilisée comme matière première dans des produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction dans un bâtiment* ». « *Ils présentent deux atouts principaux sur le plan de l'environnement : d'une part, la matière dont ils sont issus est renouvelable, d'autre part, ils peuvent contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et au stockage temporaire de carbone* » (Ministère de l'écologie).
La biomasse, quant à elle, est définie comme étant la « *matière d'origine biologique, à l'exception des matières de formation géologique ou fossile* ».

Les matériaux biosourcés sont issus de matières premières renouvelables et parfois recyclées, et répondent donc à l'enjeu de l'épuisement des ressources fossiles et minérales. Issus en grande partie de biomasse végétale, ils stockent du carbone durablement, et peuvent ainsi contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur du bâtiment.

Par ailleurs, les filières des matériaux biosourcés participent à la revitalisation des territoires en relocalisant l'emploi : économie circulaire, circuits courts... Le développement et la structuration de filières de matériaux biosourcés génèrent en effet de nouvelles activités industrielles, et produit des revenus supplémentaires pour les secteurs agricoles et sylvicoles (environ 600 millions d'euros par an).
Utiliser des éco-matériaux c'est ainsi l'occasion de mobiliser des savoir-faire locaux et traditionnels tout en réduisant l'empreinte écologique du bâtiment. C'est aussi soutenir l'emploi en faisant appel à des chantiers d'insertion et de formation et en contribuant à l'essor de filières utilisant des matériaux issus de ressources du territoire.

Le marché des matériaux biosourcés est en forte croissance. A titre d'exemple, les isolants biosourcés ont connu une croissance de près de 40% en 3 ans et on estime qu'ils représentent 10% du marché de l'isolation, d'après l'Association Syndicale des Industriels de la Construction Biosourcée (AICB), les plaçant désormais en concurrence directe avec les laines minérales et les panneaux à base de polystyrène. Au sein des autres filières d'application, s'il n'existe pas de statistiques précises, les acteurs font état d'une progression similaire, de l'ordre de 10% par an. La filière du bâtiment biosourcé doit néanmoins être soutenue afin de maintenir et accroître la dynamique engagée.

3.3. Le module D

Le module D représente les « Bénéfices et charges au-delà des frontières du système ». La potentielle réutilisation, récupération et/ou recyclage exprimés en impacts et bénéfices nets apparaissent dans ce module D.

Seul le module D, servant à mettre en avant les bénéfices liés à la valorisation des déchets en fin de vie, est optionnel dans l'ACV selon les normes NF EN ISO 14025, NF EN 15804.
Les filières qui ont des modules D importants (c'est à dire avec une valorisation importante des déchets en fin de vie) comme la filière bois ou métaux, encouragent la prise en compte du module D.

Impacts environnementaux	Etape de fabrication	Etape de mise en œuvre		Etape de vie en œuvre							Etape de fin de vie				
	Total A1-A3 Production	A4 Transport	A5 Installation	B1 Usage	B2 Maintenance	B3 Réparation	B4 Remplacement	B5 Réhabilitation	B6 Utilisation de l' énergie	B7 Utilisation de l' eau	C1 Déconstruction/ démolition	C2 Transport	C3 Traitement des déchets	C4 Elimination	D Bénéfices et charges au-delà des frontières du système
Réchauffement climatique kg CO2 eq/UF	-1,20E+01	3,10E-01	3,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,00E-02	1,27E-01	0,00E+00	7,77E+00	-9,24E-01

Le stockage du carbone biogénique des papiers est pris en compte dans le module A

Scénario fin de vie favorable :
47% enfouissement
53% incinération avec récupération énergie (=Module D)

Extrait de la FDES « ouate de cellulose en vrac » du groupement ECIMA

Les MDEGD n'intègre pas le module D.

➔ **Dans le référentiel Energie Carbone, le module D, si il est intégré dans une FDES, n'est valorisé qu'à hauteur de 1/3 en raison du caractère prévisionnel de ces bénéfices. Il devrait être maintenu dans les indicateurs de la RE2020 mais les modalités de calcul ne sont pas encore précisées.**

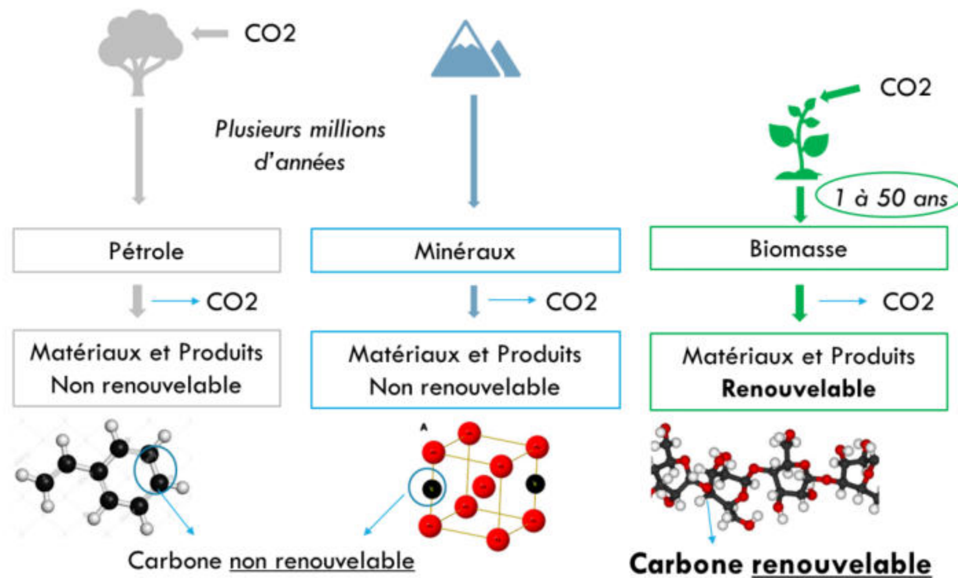
3.4. Carbone biogénique et le nouvel indicateur MStock

Par la réaction de photosynthèse, les végétaux transforment le CO_2 de l'atmosphère en carbone, aussi appelé **carbone biogénique**. Ainsi, la photosynthèse permet de diminuer le stock global de CO_2 de l'atmosphère et le phénomène de réchauffement climatique. Par conséquent, les produits qui intègrent une matière première produite par photosynthèse (les produits biosourcés) ont potentiellement un impact favorable sur le réchauffement climatique.

3.4.1. Qu'est-ce que le carbone biogénique ?

La photosynthèse se caractérise par l'équation suivante : $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow 6CH_{12}O_6 + 6O_2$
La transformation chimique opérée lors de la photosynthèse induit la création de dioxygène (O_2), qui va être réémise dans l'atmosphère, mais aussi la formation de glucose ($6CH_{12}O_6$), qui va permettre à la plante d'opérer sa croissance. Le carbone présent dans ce composé fait partie intégrante de la plante. Ce carbone dit **« biogénique » est donc le carbone constitutif du végétal**, provenant du processus de photosynthèse à partir du CO_2 présent dans l'air.

NB : Le carbone biogénique est lié à un cycle court, c'est pourquoi on ne considère pas que les produits pétrosourcés, pourtant issus de matières premières végétales mais sur des cycles très longs (le pétrole résulte de la dégradation thermique de matières organiques, sur des millions d'années), contiennent du carbone biogénique.



Source : karibati

Du fait de ce prélèvement initial de CO_2 dans l'atmosphère, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de gaz à effet de serre, et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. Ce sont des « puits de carbone ».

L'atténuation du réchauffement climatique est vraie uniquement si la ressource biosourcée utilisée est renouvelée, ce qui est le cas pour une forêt gérée durablement (où l'on replante les arbres après une coupe) ou pour les cultures annuelles (où l'on replante chaque année et donc où l'on entretient un réservoir carbone). Par conséquent, on pourrait considérer la prise en compte du carbone biogénique, d'une part pour les forêts gérées durablement (comme préconisé dans la norme NF EN16485_DEP Bois ronds et sciage[1]) et d'autre part pour les biosourcés issus de cultures annuelles.

- **Zoom sur la quantité de carbone biogénique stockée par les végétaux**

La masse de carbone présente dans l'espèce végétale est donc ce qui va déterminer la masse de dioxyde de carbone séquestrée.
Afin de connaître la masse de carbone, on peut utiliser la masse de matière sèche totale, ainsi que la teneur en carbone dans cette matière sèche, en pourcentage, P_c.
Avec ces éléments, la masse de CO2 séquestrée s'exprime ainsi :

$$m(CO_2) = m_{sèche}\ \frac{P_c}{100}\ \frac{M(CO_2)}{M(C)}$$

$M(CO_2)$ et $M(C)$ correspondent à la masse molaire respectivement du CO_2 et du carbone.
Le calcul de la teneur en carbone de la matière sèche Pc peut se faire directement via des tests de teneur en carbone, ou en calculant la teneur en carbone des différents composés de l'espèce végétale.
Selon la composition de la matière végétale et sa masse sèche, la quantité de carbone biogénique stockée est différente.

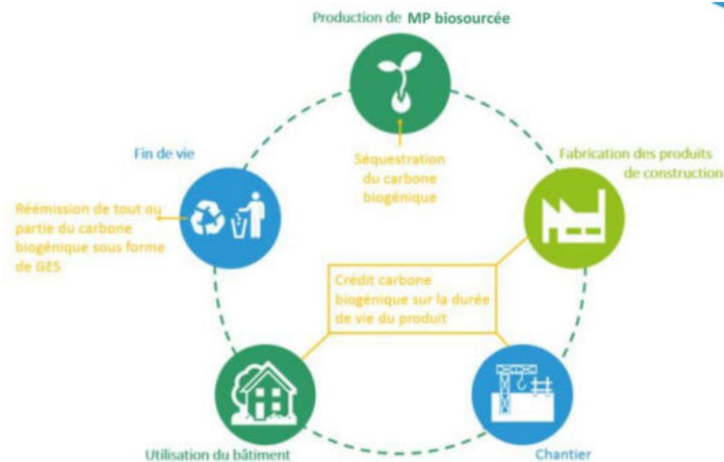
Espèce végétale	% Cellulose	% Hémi-cellulose	% Pectine	% Lignine	P_c en %
Fibre de Chanvre	77,7	10	2,9	6,8	43,749
Fibre de lin	92	2		4	43,92
Fibre de jute	65,2	22,2		10,8	44,696
Fibre de sisal	71,5	18	2,3	6	43,471
Chènevotte	46	21	6	26	48,02

Moyenne pondérée des teneurs en carbone des différents composés et pour différentes espèces végétales (Source : Karibati)

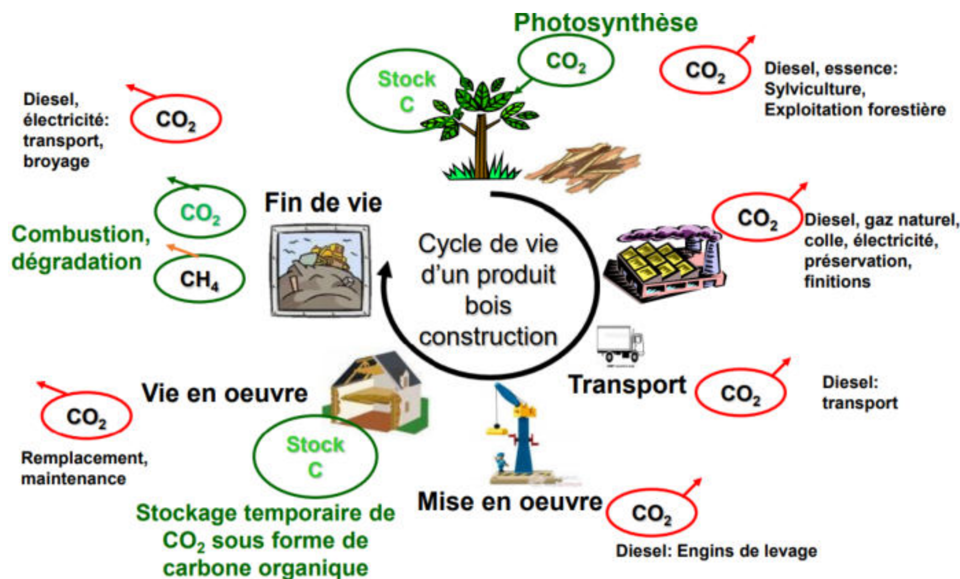
matériau	% massique de carbone	kg CO_2 prélevé dans l'atmosphère/ kg de bois (12% d'humidité)
Paille de blé	44%	1,44
Fibres de chanvre et de lin		
Chènevotte de chanvre	47%	1,54
Bois Feuillu	48%	1,57
Bois résineux	50%	1,63

Teneurs en carbone de différentes espèces végétales (source : T. Lecompte, Matériaux bio-sourcés pour le bâtiment et stockage temporaire de carbone, Techniques de l'ingénieur - 2019).

3.4.2. Comment le carbone biogénique peut-il être pris en compte sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit ?



Cycle de vie d'un matériau biosourcé (source : Karibati)



Cycle de vie d'un matériau bois (source : FCBA)

Deux étapes du cycle de vie sont sensibles :
> La séquestration du carbone biogénique lors de la production de matière première biosourcée (et sa prise en compte ou non) ;
> Les réémissions en fin de vie.

- **Séquestration du carbone biogénique lors de la production**

Il existe 3 façons de considérer le carbone biogénique dans le cycle de vie (NF EN 16760 Produits biosourcés ACV) :

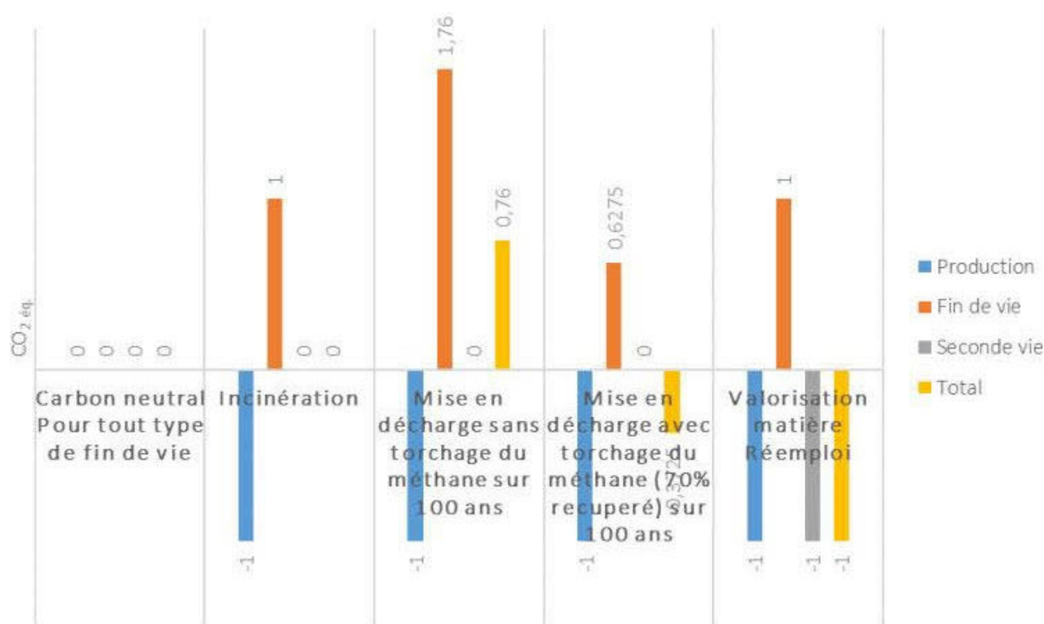
« Carbon neutral » : dans ce cas, on ne comptabilise ni la séquestration du CO_2, ni l'émission de ce dernier en fin de vie. Cette méthode ne permet pas de prendre en compte le fait que tout le carbone biogénique n'est pas forcément réémis dans l'atmosphère. De ce point de vue, elle ne permet pas de mettre en évidence l'intérêt des produits biosourcés par rapport aux produits minéraux, et ne met en évidence qu'un intérêt partiel des produits biosourcés par rapport aux produits pétrosourcés ;

« Comptabilisation totale » sur tout le cycle de vie : cette méthode est complexe à mettre en place car elle nécessite de réaliser un bilan détaillé des flux à toutes les étapes, de définir des allocations spécifiques et est fortement sujette à discussion et critique ;
« Carbon storage » : Dans ce cas, on part du produit fini et de la quantité de biosourcé contenue, on connaît les structures chimiques des molécules constitutives, on en déduit la quantité de carbone biogénique, et donc la quantité de CO_2éq. séquestré. Le contenu séquestré est affecté à l'étape A1 (approvisionnement en matières premières) de la FDES. En fin de vie, les quantités de carbone biogénique émises dans l'atmosphère vont dépendre des scénarios de fin de vie retenus.

La séquestration du carbone biogénique est, pour certains produits, bien encadrée. Ainsi la norme « NF EN16485_DEP Bois ronds et sciage » précise que la séquestration du carbone biogénique ne peut être prise en compte que « pour le bois provenant de pays ayant décidé d'appliquer l'Art. 3.4 du Protocole de Kyoto ou pour le bois provenant de forêts, opérant selon des programmes établis de certification pour la gestion durable des forêts ».

- **Scénario de fin de vie**

Le type de **scénario en fin de vie** impacte les résultats de l'indicateur réchauffement climatique, dû au carbone biogénique séquestré dans le déchet. Le diagramme montre les flux de CO_2 entre les différents types de scénarios pour 1 unité.



Mise en évidence des flux de CO2eq biogénique pour 1 unité en fonction des scénarios de fin de vie (source : Karibati)

Incinération : Le matériau biosourcé séquestre 1 unité de CO_2 éq. lors de la production (croissance de l'espèce végétale). Il y a ensuite une réémission de 1 unité de CO_2 éq. lors de l'incinération du matériau. Le bilan des flux est donc nul. Dans le cas d'une incinération avec valorisation énergétique, seul le calcul du module D permet de mettre en évidence l'intérêt environnemental.

Mise en décharge sans torchage du méthane sur 100 ans : Le matériau biosourcé séquestre 1 unité de CO_2 éq. lors de la production (croissance de l'espèce végétale). Il y a ensuite une réémission sur 100 ans due à la dégradation du matériau. Lors de cette réémission, du CO_2 et du CH_4 sont rejetés. Dû à l'absence de torchage, 100% du CH_4 est rejeté dans l'atmosphère. Dans ce scénario, le bilan des flux est positif, il y a donc potentiellement une contribution au réchauffement climatique.

Mise en décharge avec torchage du méthane sur 100 ans : Le matériau biosourcé séquestre 1 unité de CO_2 éq. lors de la production (croissance de l'espèce végétale). Il y a ensuite une réémission sur 100 ans due à la dégradation du matériau. Lors de cette réémission, du CO_2 et du CH_4 sont rejetés. Dû à la présence de torchage, 70% du CH_4 est récupéré. Dans ce scénario le bilan des flux est négatif, il y a donc une séquestration de CO_2 éq.. Du point de vu normatif, ce scénario peut être valorisé en considérant les bénéfices qu'il représente par rapport à la production d'une même quantité d'énergie par voie classique. Les bénéfices et charges peuvent être calculés dans le module D[3] de la norme EN 15804.

Valorisation matière : Le matériau biosourcé séquestre 1 unité de CO_2 éq. lors de la production (croissance de l'espèce végétale). Le matériau va ensuite être réutilisé lors d'une seconde vie. On compte alors les impacts qu'il aurait engendré en fin de vie, puis les impacts évités dus à sa revalorisation en matière. Dans ce scénario le bilan des flux est négatif, seulement si on considère la seconde vie. Cependant, dans le cadre d'une ACV, la seconde vie dépasse les frontières du système. Le bilan est donc nul. Par conséquent, si on veut mettre en évidence l'intérêt environnemental d'un tel scénario, il est nécessaire de calculer le module D.
Dans le cas de valorisation matière, le carbone biogénique reste séquestré, toutefois en fonction du scénario de valorisation, il peut être plus ou moins réémis. En effet, les quantités réémises dans l'atmosphère sont différentes entre un scénario compostage et un scénario réemploi. Toutefois, comme dans le cas de la valorisation énergétique, du point de vu normatif, ce scénario peut être valorisé en considérant les bénéfices qu'il représente par rapport à la production de la matière à laquelle il se substitue. Les bénéfices et charges peuvent être calculés dans le module D de la norme EN 15804.

- **Conclusion**

Il est important de :

- vérifier que le fait d'intégrer une matière première biosourcée dans un produit **ne va pas remettre en cause le caractère renouvelable de la ressource** et contribuer à diminuer durablement le réservoir carbone global de la biomasse ;
- prendre en compte le **carbone séquestré** à sa juste valeur (en fonction du végétal concerné) ;
- prendre en compte la **réémission potentielle en fin de vie** en fonction d'hypothèses et de scénarios de fin de vie réalistes (et notamment de cinétiques de dégradation) ;
- prendre en compte à leur juste valeur les **intérêts environnementaux en calculant le module D**.

L'indicateur M_{stock} de la RE2020 comptabilise la masse totale en kg de carbone biogénique stocké dans le bâtiment.

3.5. Comment les FDES prennent-elles en compte le stockage carbone ?

Actuellement, le stockage du carbone biogénique est pris en compte dans les FDES, mais pas le bénéfice du stockage temporaire (par exemple sur la durée de vie du bâtiment). En effet, si la même quantité de carbone stockée par le matériau est réémise en fin de vie, le bénéfice est actuellement nul.

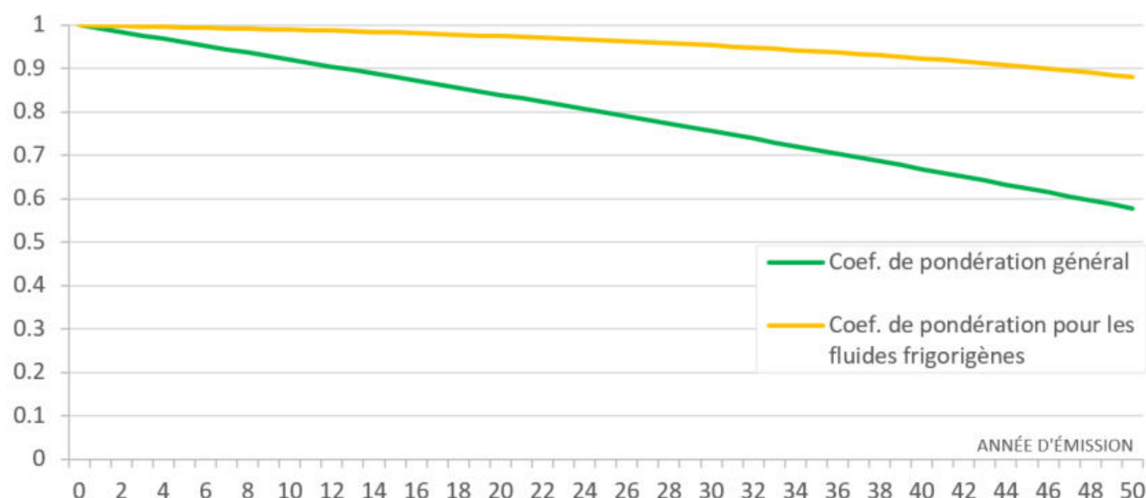
Les FDES prennent déjà en compte, pour le calcul des flux de carbones biogéniques, le fait que la ressource soit issue de forêts gérées durablement ou non.

[3] Le cadre de la norme Européenne EN 15804, impose de présenter les résultats d'analyse de cycle de vie d'un produit suivant 4 modules : A, B, C, D. Le module A contient les impacts environnementaux de la production, du transport et de la mise en œuvre. Le module B présente les impacts liés à la phase d'utilisation du produit. Le module C décrit les impacts liés à la fin de vie du produit. Enfin le module D permet de calculer les bénéfices environnementaux, au-delà du système, liés à la réutilisation, la valorisation ou le recyclage du produit.

3.6. ACV dynamique et ACV statique

Dans le référentiel énergie carbone, l'ACV se base sur le principe de la norme NF EN 15978, qui présente une méthode de **calcul statique des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES). C'est-à-dire que le moment de l'émission de GES n'est pas considéré dans le calcul de l'impact sur le changement climatique à l'horizon 100 ans** ; **l'ensemble des émissions sont considérées comme ayant lieu aujourd'hui.** Cette méthode considère que les stockages et émissions de carbone des matériaux ont lieu en même temps. Or, dans la réalité, une part des émissions a lieu lors de la fabrication des matériaux, et une autre part lors de la fin de vie. Elle ne tient pas compte du « stockage temporaire du carbone » ; pendant toute la durée de vie du bâtiment, le carbone stocké temporairement ne contribue pas aux changements climatiques.
Cette méthode ne permet donc pas de prendre en compte le bénéfice de repousser les émissions dans le temps, en stockant de manière temporaire du carbone.

La méthode dite dynamique et simplifiée est retenue dans la RE2020. Cette méthode pondère les émissions GES en fonction de l'année de l'émission (coefficient de 1 pour l'an 0 et de 0.57 pour l'an 50) : plus une émission a lieu tôt, plus son impact est important sur le potentiel de réchauffement à un horizon temporel donné.



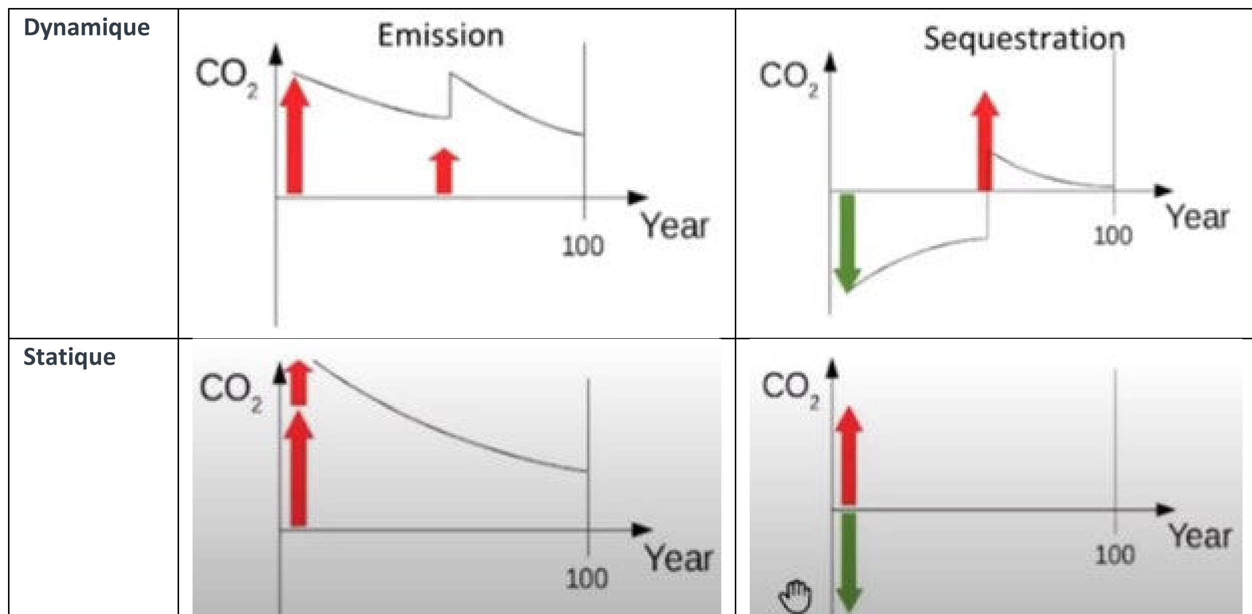
Les coefficients de pondération pour la méthode dynamique simplifiée (publiés le 20.07.2020).

Années	Coefficients de pondération pour le calcul de l'impact sur le changement climatique	
	Cas général (f_{CO2} ou f)	Fluides frigorigènes ($f_{fluides_frigo}$)
0	1,000	1,000
1	0,992	0,999
2	0,984	0,998
3	0,976	0,997
4	0,969	0,996
5	0,961	0,995
46	0,615	0,899
47	0,606	0,895
48	0,597	0,890
49	0,587	0,885
50	0,578	0,880

Les coefficients de pondération pour la méthode dynamique simplifiée

3.7. Pour aller plus loin sur les ACV dynamiques et statiques (Webinar GDR MBS, 16 juin 2020)

Le Webinaire *« ACV et matériaux biosourcés : Comment évaluer l'impact des bâtiments sur le réchauffement climatique »* animé par Thibault Lecompte (Université Bretagne Sud) et A. Hellouin de Menibus (CF2B, association des chanvriers en Circuits Courts et R&D Eco-Pertica) a présenté des résultats d'ACV comparatives en méthode statique et dynamique.



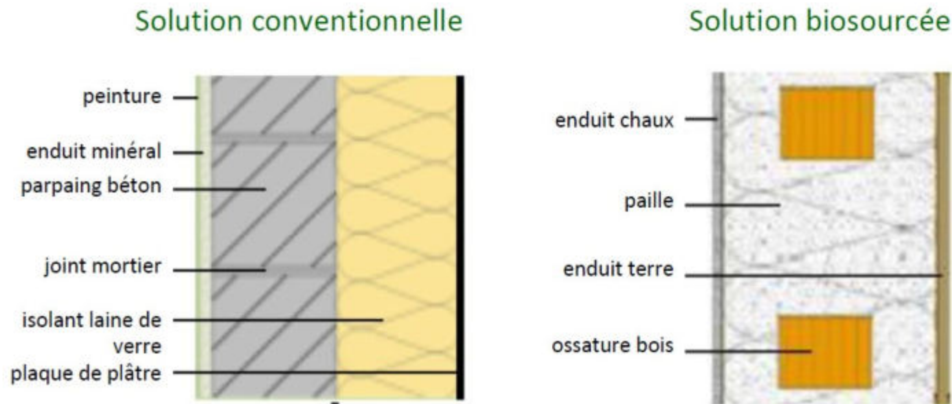
La méthode dynamique fait apparaître deux pics d'émission durant les 100 ans présentés dans les graphiques ci-avant : un premier pic à 0 an qui correspond à la construction, un deuxième pic à 50 ans qui correspond au renouvellement. Entre temps, la courbe d'émission de CO2eq. décroit.
Quant à la méthode statique, nous observons que l'émission de CO_2 liée à la construction et celle liée au renouvellement sont comptabilisée lors de l'année 0.
L'émission totale de CO_2 sur les 100 ans étudiés correspond à l'aire sous la courbe.

➔ On peut donc voir qu'entre la méthode statique et la méthode dynamique, l'aire est sensiblement la même.

Regardons maintenant la séquestration du carbone. Dans la méthode dynamique, nous avons une séquestration lors de la construction. Il y a ensuite une émission lors du renouvellement des matériaux à 50 ans (selon scénarios de fin de vie).
Dans la méthode statique la séquestration et l'émission de fin de vie est comptabilisée dès le début, elles se compensent.

➔ **L'aire sous la courbe en méthode dynamique est donc entièrement négative ce qui montre que la séquestration de CO_2 est bien prise en compte. Alors que dans la méthode statique la séquestration du CO_2 n'est pas prise en compte.**

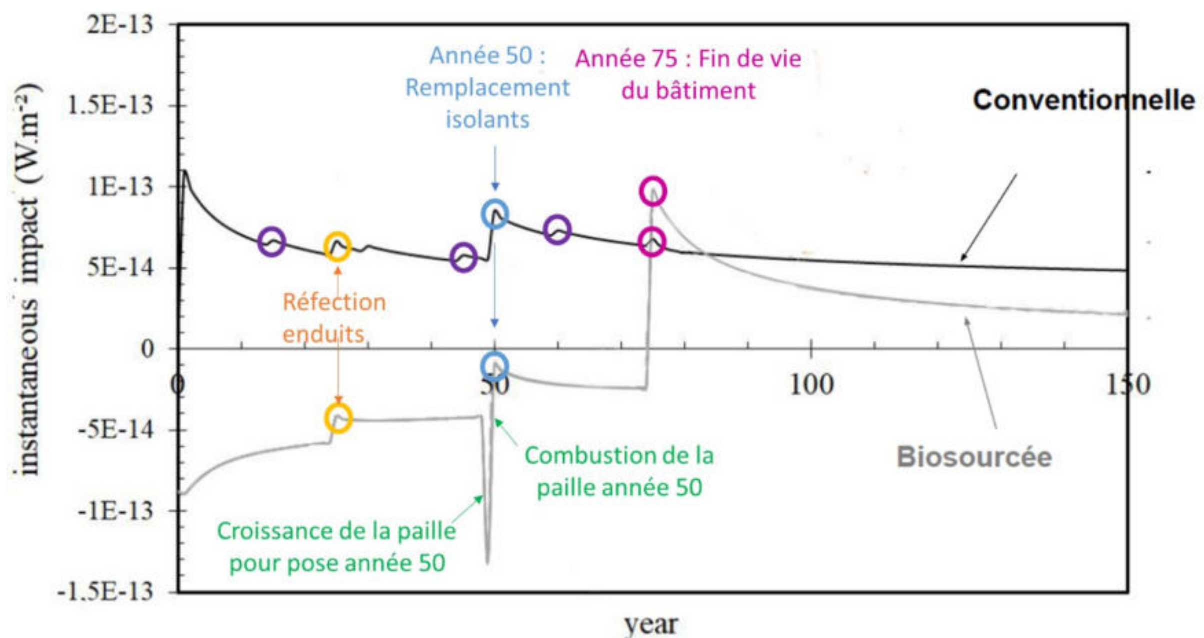
Regardons de plus près la méthode dynamique appliquée à une solution constructive « conventionnelle » minérale et une solution biosourcée.



Parois étudiées en ACV statique et dynamique

En conventionnel, le premier pic d'émission a lieu lors de la construction. Il y a ensuite différents pics plus ou moins importants qui correspondent au renouvellement/remplacement des matériaux (réfection du crépi, des peintures, de l'isolant etc.). A 75 ans, le pic est faible et correspond à la fin de vie des matériaux qui sont pour la plupart enfouis dans ce type de construction.

En biosourcé, le premier pic d'émission est négatif, il y a donc séquestration de carbone. A 25 ans, on observe un pic positif qui correspond à la réfection de l'enduit. Lors de la 49ème année, on comptabilise la séquestration de CO_2 liée à la culture de la paille dont on va avoir besoin pour renouveler l'isolant à la 50ème année où l'on observe une variation positive qui correspond au scénario de fin de vie (combustion) de la paille remplacée. La 75ème année correspond à la démolition du bâtiment et donc à la combustion majoritaire des matériaux biosourcés.

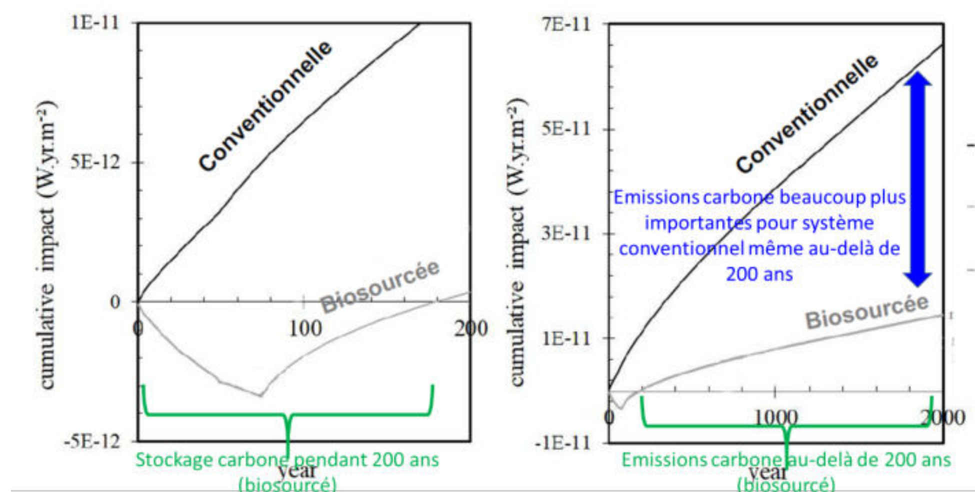


V. Zieger et al., Analyse dynamique du cycle de vie: comment le stockage temporaire du carbone dans les matériaux de construction d'origine biologique peut affecter le réchauffement climatique (publication à paraître)

Le graphique ci-après représente l'aire sous les courbes de 0 à 200 ans à gauche et de 0 à 2000 ans à droite.
On observe ainsi que l'émission de CO_2 de la construction conventionnelle est beaucoup plus importante que celle de la construction biosourcée, et ce, même après 200 ans. La construction biosourcée, elle, permet de générer de la séquestration de carbone à court terme (entre 100 et 200 ans). A long terme, la construction

biosourcée émet du CO_2 car tout ce qui est émis durant les phases de transformation, de mise en œuvre et de fin de vie est cumulé et toujours présent dans l'atmosphère.

➔ **On peut conclure qu'en premier lieu, il faut privilégier le réemploi pour limiter l'utilisation de matière, puis lorsque l'on a besoin de matière, il faut privilégier le biosourcé car il reste moins impactant que le conventionnel**.

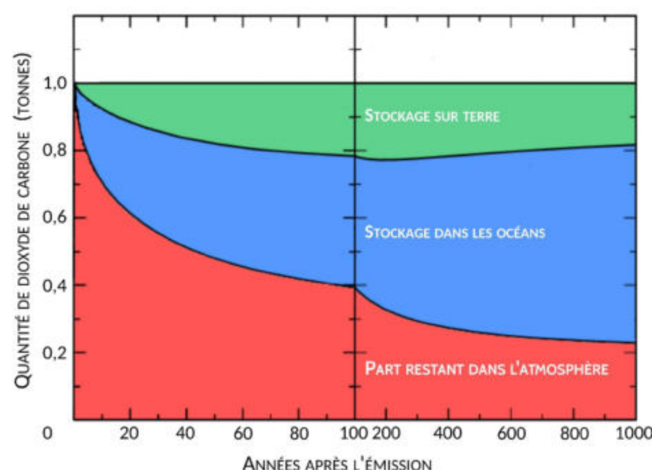


V. Zieger et al., Dynamic life cycle assessment: how temporary carbon storage in bio-based building materials can affect global warming, to be published

- **Zoom sur l'absorption du carbone qui est émis dans l'atmosphère**

Sur les différents graphiques de calcul dynamique, nous avons pu observer qu'au fil du temps la quantité de carbone émise diminue. Cela est dû au phénomène naturel d'absorption du CO_2 par les différents éléments sur Terre. Le graphique ci-après montre que la part de CO_2 présent dans l'atmosphère diminue au fil du temps et on la retrouve plutôt dans les océans et dans la biomasse (« sur terre » dans le graphique) qui sont des puits de carbone très importants.

On observe que le CO_2 persiste longtemps dans l'atmosphère et qu'à partir de 100 ans, il est beaucoup moins bien absorbé par les éléments.



Temps de résidence du carbone dans l'atmosphère

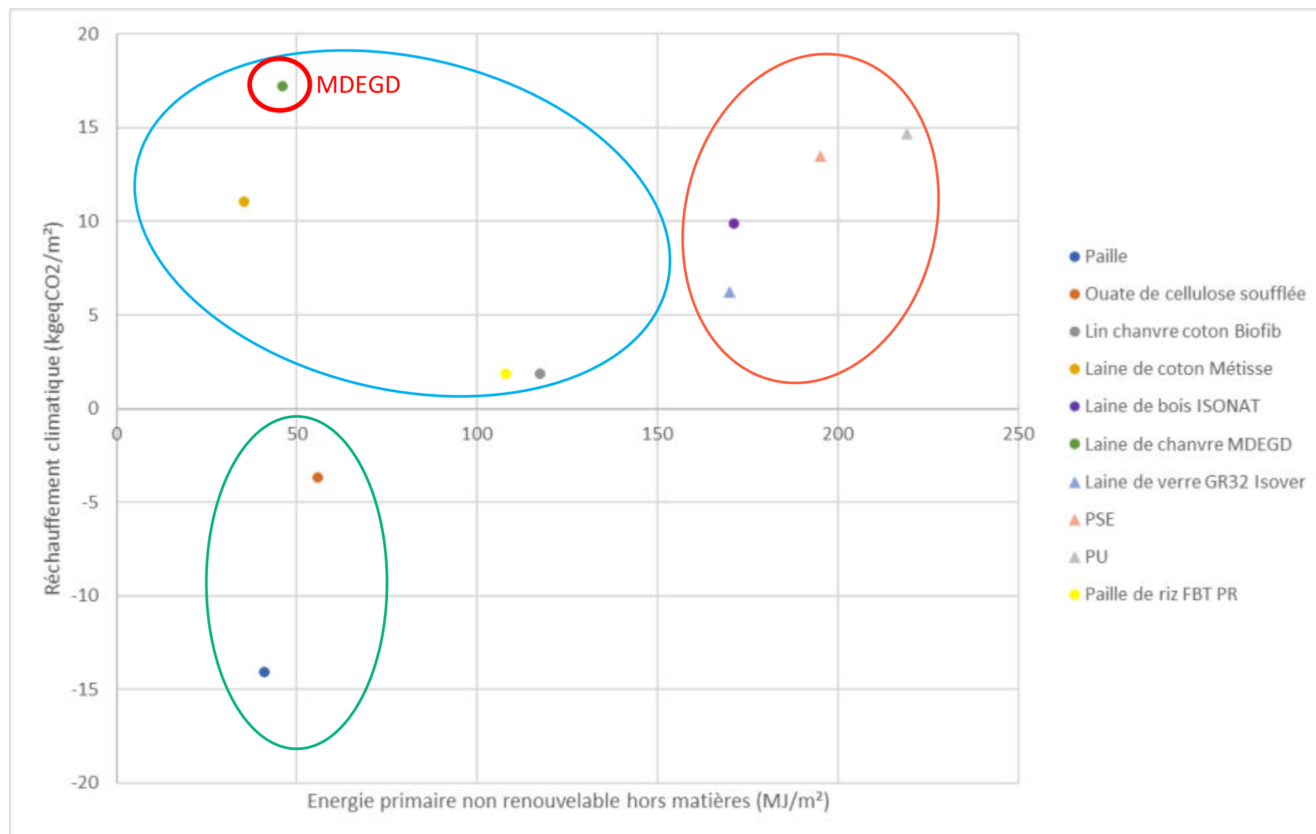
> Graphique modifié des travaux de K. Strassman, The Bern Simple Climate Model (BernSCM) v1.0: an extensible and fully documented open-source

4. Analyse et critiques des FDES

Le graphe ci-après représente :

- En ordonnées, l'impact sur le réchauffement climatique en $kgeqCO_2/m^2$;
- En abscisses, l'utilisation d'énergie primaire non renouvelable à l'exclusion des ressources d'énergies primaires non renouvelables utilisées comme matières premières. Il s'agit donc de l'énergie non renouvelable liée au process (≈ énergie grise du matériau) et nous indique à quel point le matériau a été transformé.

Les données sont issues de FDES consultées sur la base Inies en décembre 2020.



Les matériaux biosourcés peu transformés (paille et ouate de cellulose) présentent une énergie grise faible et un impact sur l'effet de serre très limité du fait du stockage carbone pris en compte.

Les matériaux nécessitant des process plus conséquents et l'ajout d'additifs (ignifugeants, liants polyesters, …) telles que les laines isolantes biosourcées (chanvre, coton, lin) présentent une énergie grise plus importante avec un impact sur les émissions de GES.

Les matériaux issus de la pétrochimie nécessitent un processus de transformation plus important.

Les résultats et interprétations sont détaillés ci-après.

Type de DE	R	Ep. (mm)	Module D	Matériau	Energie primaire NR hors matière (MJ/m^2)	Réchauffement climatique (kgeqCO2/m^2)	Points positifs	Points négatifs
Collect.	7.1	370	OUI=0	**Paille**	41	-14,1	* Peu de transformation > Process peu énergivore émettant peu de GES * Moins de transport (proximité des sites) > Moins de GES * Capte du C02 pendant la croissance (module A) > Donc séquestre plus de CO2 en tout. *NB : Prise en compte d'une agriculture conventionnelle. Une agriculture biologique aurait été certainement plus émettrice en GES.* * Scénario fin de vie favorable : 40% centre de stockage déchets verts - 60% incinération	-
Collect.	7	270	OUI	**Ouate de cellulose soufflée**	55,8	-3,72	* MI : 95% de déchets de papiers et cartons > Stockage du carbone biogněique des papiers est pris en compte dans le module A * Scénario fin de vie favorable : 47% enfouissement - 53% incinération avec récupération énergie (= Valorisé dans le module D)	Additif ignifugeant défavorable.
Indiv.	5,1	100X2	NON	**Lin chanvre coton Biofib**	117,6	1,842	Composition : fibres chanvre-lin-coton	* Liant polyester + produit antifongique et anti-mite > Défavorables * Scénario fin de vie défavorable : enfouissement
Indiv.	5,1	100X2	NON	**Laine de coton Métisse**	35,6	11,02	Fibres textiles recyclées > L'impact de la fabrication des fibres textiles n'est pas pris en compte donc favorable.	* Fibres polyester + traitement biocide > Défavorable. * Scénario fin de vie défavorable : enfouissement
Indiv.	5.55	200	NON	**Laine de bois ISONAT**	171	9,9	-	* Impact de la fabrication (Module A): Défibrage, séchage, nappage, séchage,.. Process énergivore + adjuvants * Stockage carbone biogénique non pris en compte (bilan nul) * Scénario fin de vie défavorable : enfouissement > Pas de module D. La présence de fibres poyester interdit l'utilisation en amendement mais la valorisation énergétique serait possible.
MDEGD	5 <> 10		NON	**Laine de chanvre MDEGD**	46,1	17,2	-	* Liant polyester * MDEGD majorant les impacts environnementaux
Indiv.	5,6	180	NON	**Laine de verre GR32 Isover**	170	6,2	MI : calcin (matériaux recyclés) et verre recyclé > favorable	* Liants, sable, fibres de verre > Défavorables * Impact C02 de la fabrication lié à la fusion notamment (Module A) * Fin de vie : enfouissement
Indiv.	5,85	200	NON	**PSE**	195	13,5	-	* Impact CO2 lié à la fabrication (Module A) : pétrochimie * Fin de vie : enfouissement
Indiv.	6,35	140	NON	**PU**	219	14,7	-	* Impact CO2 lié à la fabrication (Module A) : pétrochimie * Fin de vie : enfouissement
Indiv.	5,12	100X2	NON	**Panneaux paille de riz FBT PR**	108	1,82	MI : 92% de paille de riz : stockage CO2 pris en compte (Module A) et l'impact de la culture du riz n'est pas pris en compte > Favorable.	* Scénario fin de vie : Enfouissement * 8% polyester > Défavorable. > Pas de module D : La présence de fibres poyester interdit l'utilisation en amendement mais la valorisation énergétique serait possible.

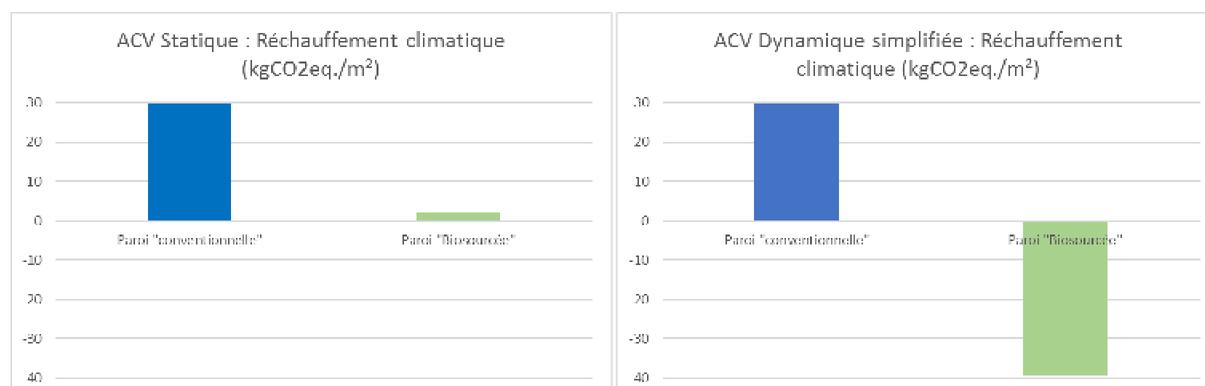
4.1. Comparaison d'ACV entre 2 systèmes constructifs

Nous avons étudié deux parois différentes, l'une conventionnelle et l'autre utilisant des ressources biosourcés. L'ACV de ces deux parois a été menée de manière statique et de manière dynamique simplifiée.

	Paroi conventionnelle	Paroi biosourcée
Ext	Enduit minéral	Bardage bois douglas non traité (compris tasseaux et visserie)
v	Parpaings béton 20 cm + joint de mortier	Pare-pluie
	Enduit plâtre	OSB 22 mm
Int	Isolation laine de verre GR32 60+160 mm (R=6,85)	Paille (R=7)
	Plaque de plâtre BA13® + rails	Ossature BLC
		Pare-vapeur
		BA13® + rails

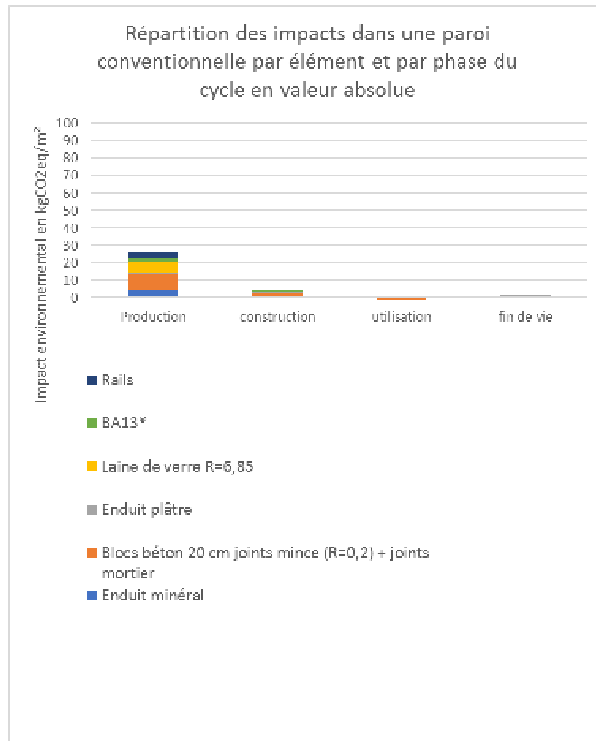
Composition des parois étudiées

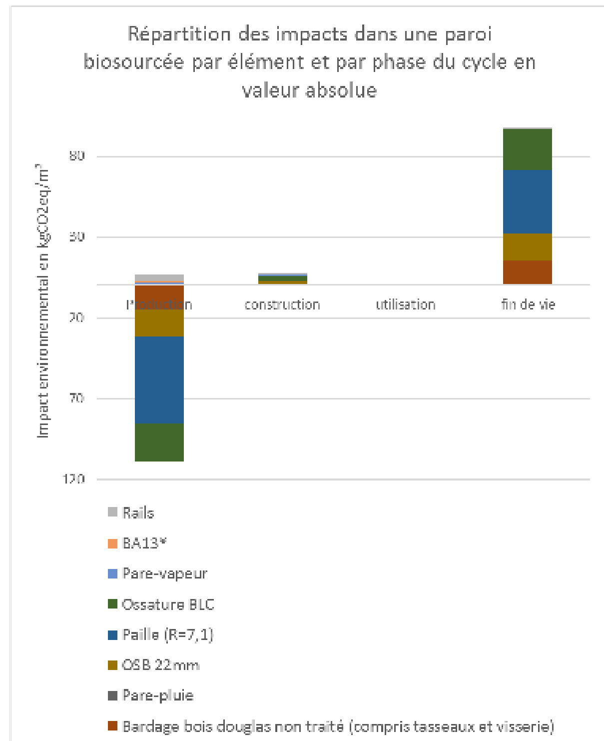
La pouvoir de réchauffement climatique est bien plus élevé pour la paroi conventionnelle autant en ACV statique qu'en ACV dynamique simplifiée. L'ACV dynamique simplifiée avantage la solution biosourcée.



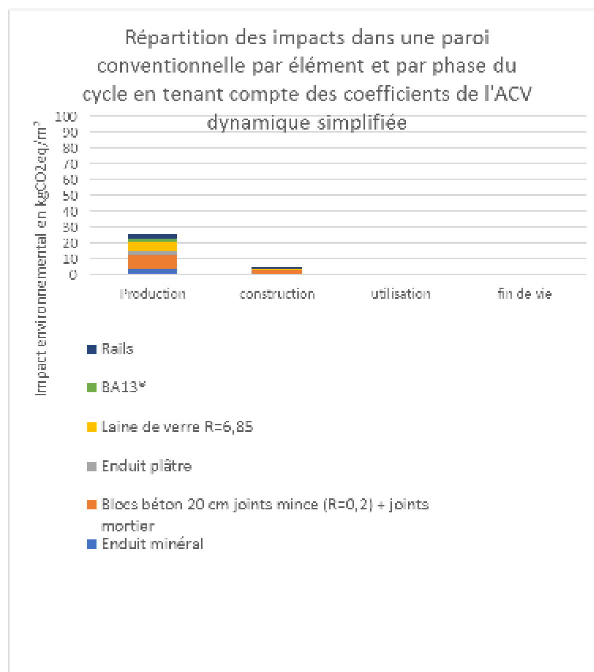
Impact sur le réchauffement climatique par m² de paroi (base Inies® décembre 2020) – ACV statique vs dynamique simplifiée

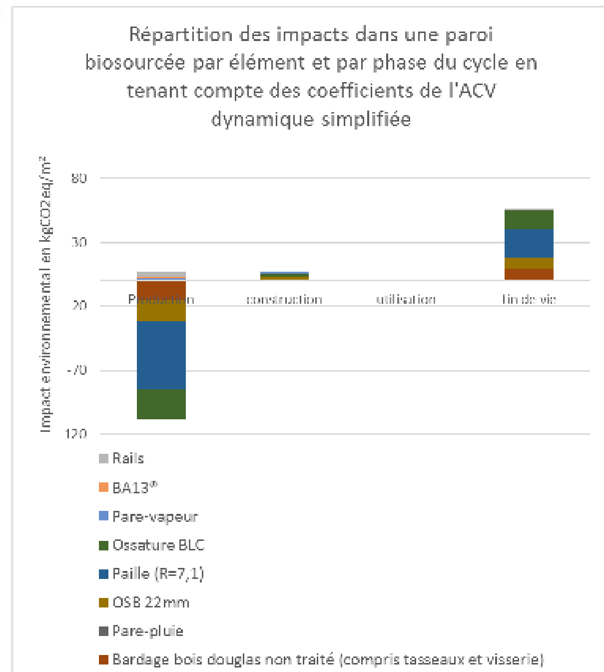
Les graphiques ci-après montrent les impacts étape par étape du cycle de vie sur les deux systèmes constructifs. Dans le graphique 1, on peut voir les impacts tels qu'ils sont comptabilisés dans l'ACV statique.
Dans le graphique 2, on voit les impacts tels que comptabilisés dans l'ACV dynamique simplifiée, c'est-à-dire avec l'application d'un coefficient de 1 pour les étapes de fabrication et de mise en œuvre et l'application d'un coefficient de 0,57 pour la fin de vie.
On constate donc que l'application de ce coefficient en fin de vie avantage la solution biosourcée car les émissions à 50 ans, lors de la dépose de l'élément, paraissent moins impactantes.
C'est en partie pour cela que la méthode de calcul dynamique simplifiée a été abandonnée dans les arbitrages de la RE2020.





1 : Impact sur le réchauffement climatique par phase du cycle de vie - ACV statique





2 : Impact sur le réchauffement climatique par phase du cycle de vie - ACV dynamique simplifiée

5. Glossaire

Stockage temporaire : carbone biogénique stocké pendant une durée spécifique. [EN 16485]

Carbone biogénique : carbone stocké dans un matériau biosourcé provenant du processus de photosynthèse à partir du CO2 de l'air.

Stockage permanent : carbone biogénique stocké de manière permanente au-delà de l'horizon temporel considéré dans l'utilisation d'un produit ou lors du scénario de fin de vie.

Contenu carbone : exprimé en kg C, propriété inhérente du matériau représentant la quantité de carbone présente dans le matériau.

Prélèvement de dioxyde de carbone : exprimée en kg CO_2, représente le dioxyde de carbone biogénique prélevé dans l'air par le processus de photosynthèse.

Emissions de CO_2 biogénique : exprimée en kg CO_2, représente le carbone biogénique oxydé sous forme de dioxyde de carbone émis par le système de produit dans l'atmosphère [EN 16449]. On retrouve des émissions similaires pour le méthane (kg CH_4) et les autres gaz à effet de serre.

Torchage : Opération consistant à brûler un gaz combustible excédentaire qui se dégage dans l'atmosphère.

6. Bibliographie

- Norme « Bois ronds et sciages – Déclarations environnementales de produits – Règles de définition des catégories de produits en bois et à base de bois pour l'utilisation en construction » (NF EN 16485)
- Norme « Produits biosourcés – Analyse du cycle de vie » (NF EN 16760)
- Base de données pour l'Analyse de Cycle de Vie « Ecoinvent »—ecoinvent.org
- FCBA (2012), Rapport d'étude. Volet 2. Phase 1, 2, 3. Prise en compte de la fin de vie des produits bois. Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et des Paysages
- Le carbone biogénique et les matériaux biosourcés | Build Green (build-green.fr)
- GE3 : Stockage temporaire du carbone Rapport du groupe d'expertise : ge3_stockage_temporaire_carbone_rapport_final.pdf (batiment-energiecarbone.fr)
- Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction, 2017 – Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire Ministère de la Cohésion des Territoires et Nomadéis.
- ACV et matériaux biosourcés : Comment évaluer l'impact des bâtiments sur le réchauffement climatique - Webinar GDR MBS, 16 juin 2020.
- INIES – Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment
- Webinaire « ACV et matériaux biosourcés : Comment évaluer l'impact des bâtiments sur le réchauffement climatique » animé par Thibault Lecompte (Université Bretagne Sud) et A. Hellouin de Menibus (CF2B, association des chanvriers en Circuits Courts et R&D Eco-Pertica). https://www.youtube.com/watch?v=-MOOK76Btlk

7. ANNEXE : LISTE NON EXHAUSTIVE DE MATERIAUX BIOSOURCES ET DESCRIPTION

Matériaux biosourcés	Description
Paille de céréales	La paille provient de la tige de certaines graminées dites céréales (blé, orge, avoine, seigle, etc.), coupée lors de la récolte des grains. Le recours à la paille est ancien en construction, avec une utilisation "traditionnelle" pour les murs (terre-paille, torchis) ou en toiture (chaume). Il est plus récent pour les bottes de paille, technique qui se développe en France à partir des années 1980 associée à une ossature bois ou à une structure maçonnée. La paille peut également être valorisée sous la forme de panneaux compressés pour la fabrication de cloisons d'intérieur ou de doublage, mais il n'y a plus de fabricant français de ces produits depuis la liquidation de la société Stramentech basée à Neuvy-Pailloux (Indre) en juillet 2016.
La filière balles	Une filière de valorisation des balles (enveloppe siliceuse de protection ou cosse) de grains vêtus tend également à se structurer. Les moissonneuses batteuses évacuent avec la menue paille la balle de certains types de grains, mais ne peuvent pas le faire dans le cas du riz, du petit épeautre, du grand épeautre, du sarrasin, de l'avoine, du millet, etc. Ces grains restent ainsi « vêtus » à la récolte, et doivent être décortiqués en atelier. La surface de riz cultivée en France représentait 15 065 hectares en 2016[71] (11 725 hectares dans les Bouches-du-Rhône et 3 340 hectares dans le Gard). Le grand épeautre est surtout cultivé dans la moitié nord de la France (12 000 hectares en 2016). Le sarrasin, culture emblématique de la Bretagne est aussi importé en France dans sa cosse. La culture du petit épeautre, initialement présente dans le Sud de la France, se développe sur le reste du territoire. L'avoine est une céréale très utilisée par les fabricants de céréales pour le petit déjeuner. Les riziers (4 acteurs en France, implantés dans le Gard et dans les Bouches-du-Rhône) assurent le décorticage des grains de riz, qui permet d'isoler la balle du grain complet. Ces acteurs ne nettoient pas encore la balle (retrait des grains et de la poussière résiduelle). Bâtir en Balles les incite à le faire pour disposer d'un produit de qualité constante et maîtrisée (*cf. infra*). Les balles sont commercialisées directement par les riziers ou indirectement *via* des sociétés de transport et une association. Les balles sont vendues sous différentes formes : • En vrac, un format proposé par les 4 riziers ; • Sous forme de sacs manuportables et de bigbags pour un usage en isolation, un format proposé par Le Village, une association d'insertion par l'emploi basée à Cavaillon (Vaucluse)[4] ; • Sous forme de bottes de haute densité de 400 kg, un format proposé par 1 rizier (Balle Concept) ; • Sous forme de bottes rondes enrubannées, un format proposé par une ETA (entreprise de Travaux Agricoles) implantée en Haute Loire.
Chanvre	La culture du chanvre utilise moins d'intrants et de produits phytosanitaires que les grandes cultures. Différents types de matériaux de construction peuvent être obtenus à partir du chanvre, répartis en deux grandes familles : les produits d'isolation rapportée thermique et/ou acoustique (laines et granulats), et les mortiers et bétons végétaux (confectionnés sur chantier ou préfabriqués), tels que les blocs à maçonner, les éléments de grandes hauteurs ou encore des éléments modulaires.

[4] L'association Le Village a porté les travaux préliminaires sur la balle de riz pour la faire connaître et mettre à disposition l'information (aujourd'hui disponible sur le site internet http://www.ballederiz.fr), réaliser des premiers chantiers d'isolation en vrac, commencer à faire caractériser le matériau en France, faire les premiers essais de bétons chaux-balle, etc.

Matériaux biosourcés	Description
Lin	Le lin comprend des variétés sélectionnées pour la production de fibres (pour le textile) ou de graines (alimentation). Leur culture utilise moins d'intrants et de produits phytosanitaires que les grandes cultures. Les étoupes (fibres courtes) ou les anas (bois de la tige) sont valorisées dans le bâtiment sous formes de laines pour l'isolation ou de panneaux d'anas pour le cloisonnement par exemple.
Roseaux	L'entreprise RizHome a été créé en 2015 par Mireille Avril, ingénieure bâtiment dont l'ambition est de développer la filière roseau en Bretagne. Les intérêts d'utiliser cette plante aquatique dans le bâtiment sont en effet nombreux. D'abord, sa résistance à l'eau et à l'humidité en fait un très bon isolant et revêtement extérieur. A l'instar du chanvre ou du miscanthus, les roseaux poussent vite, se renouvellent tous les ans, et sans intrant chimique. C'est un matériau léger, et surtout, local, favorisant les ressources et le savoir-faire sur le territoire.
Ouate de cellulose	Isolant fabriqué à partir de journaux ou cartons recyclés défibrés auxquels sont ajoutés des adjuvants (sels de bore, hydroxyde d'aluminium) représentant 5 à 10% du produit final et qui lui confère des propriétés ignifugeantes et antifongiques. Elle se présente sous forme de panneaux semi-rigides, rouleaux ou en vrac (par insufflation, soufflage ou flocage).
Textiles recyclés	Les textiles en fin de vie peuvent être défibrés ou effilochés, pour redevenir une matière première. Ces fibres sont notamment utilisées pour la fabrication de produits d'isolation pour le bâtiment sous 3 formes : ► De flocons en vrac à souffler pour l'isolation thermique et acoustique des combles perdus ► De panneaux et rouleaux pour l'isolation thermique et acoustique des murs, des sous toitures et des planchers ; ► De panneaux pour l'affaiblissement et la correction acoustique.
Miscanthus	Le miscanthus cultivé en agriculture est aujourd'hui principalement planté pour alimenter les chaudières mais il fait l'objet de recherches pour des débouchés dans le bâtiment notamment.
Laine de mouton	Autrefois très utilisée dans l'industrie textile, la laine de mouton a subi la concurrence du coton et des fibres synthétiques. La vente de la laine ne couvre plus le coût de la tonte des moutons pour les éleveurs. Les débouchés dans le bâtiment permettraient d'y palier. Les produits les plus courants se présentent sous forme de rouleaux pour l'isolation et les écheveaux pour calfeutrer ou isoler des gaines.
Liège	Il est un tissu végétal qui protège les parties vivantes du tronc et des branches du chêne liège. Il peut être utilisé sous forme de panneaux en isolation thermique et acoustique et revêtements.
Bois	Utilisation en structure (Murs en Ossature Bois), vêture, aménagement intérieur et extérieur
Produits connexes de bois	La fibre de bois est obtenue à partir du défibrage de chutes et déchets de bois généralement résineux. Utilisée depuis l'après-guerre mais plus confidentielle que les laines minérales, la laine à base de fibres de bois connaît un renouveau depuis plus d'une décennie. Les produits connexes du bois peuvent également être broyés et les copeaux de bois obtenus, une fois stabilisés, peuvent alors être utilisés en vrac en tant que produit d'isolation ou mélangés à du ciment pour former des bétons. En isolation (sous forme de panneaux de fibres de bois rigides ou semi-rigides notamment). En panneaux de particules de bois